

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-249828

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl.

G02B 5/23  
G02B 1/00  
G02B 5/20  
G02B 5/28  
G02B 6/12

(21)Application number : 11-053843

(71)Applicant : SHOWA ELECTRIC WIRE & CABLE  
CO LTD

(22)Date of filing : 02.03.1999

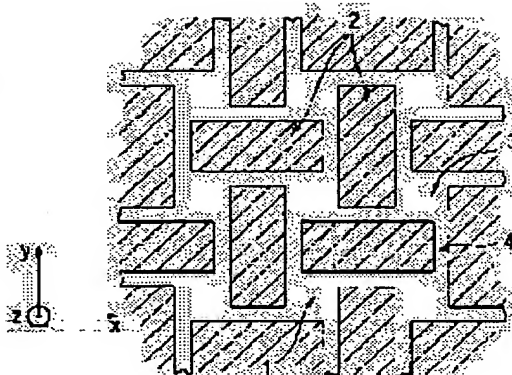
(72)Inventor : NORO HARUTO  
SAKAMOTO NAOSHI

## (54) PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a wide photonic band gap in a frequency region common to polarized light having no electric field component in the Z-axis direction and polarized light having no magnetic field component in the Z-axis direction.

**SOLUTION:** This photonic crystal structure consists of a plurality of rectangular rods 2 having a uniform side length in the Z-axis direction corresponding to the wavelength of light and arranged as alternately rotated by 90 degrees from one another, and of the surrounding dielectric material which has a greatly different dielectric const. from that of the rectangular rods and which is disposed to surround the rectangular rods. Thereby, the obtained structure has characteristics to suppress propagation of light waves in the frequency region common to polarized light having no electric field component in the Z-axis direction and polarized light having no magnetic field component in the Z-axis direction.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

• [Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

• Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-249828

(P2000-249828A)

(43) 公開日 平成12年9月14日 (2000.9.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\* (参考)

G 0 2 B 5/23

G 0 2 B 5/23

2 H 0 4 7

1/00

1/00

2 H 0 4 8

5/20

5/20

5/28

5/28

6/12

6/12

H

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平11-53843

(22) 出願日

平成11年3月2日 (1999.3.2)

(71) 出願人 000002255

昭和電線電纜株式会社

神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号

(72) 発明者 野呂 治人

川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内

(72) 発明者 坂本 直志

川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内

(74) 代理人 100077584

弁理士 守谷 一雄

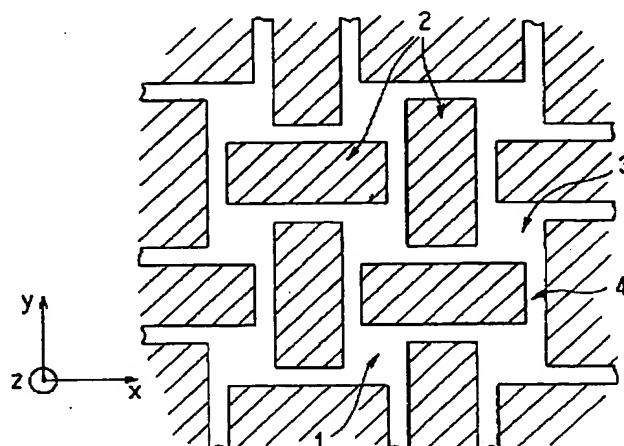
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトニック結晶構造

(57) 【要約】

【課題】 Z 軸方向に電場成分をもたない偏光及び磁場成分をもたない偏光に対して共通する周波数領域で幅広いフォトニック・バンドギャップを得る。

【解決手段】 フォトニック結晶構造は、Z 軸方向に一樣な光波長に相当する辺長を有する複数の長方形ロッド2が相互に90度回転されて配置され、この長方形ロッドの誘電率と大きく異なる誘電率を有し長方形ロッドの周囲に設けられるZ 軸方向に一樣な周囲誘電体1によって構成される。このため、Z 軸方向に電場成分を持たない偏光及び磁場成分を持たない偏光に対して共通な周波数領域で光波の伝播を抑制する特性を有するものとすることができる。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 周期面に垂直な方向に一樣な誘電率の異なる2種の誘電体で形成され、一方の誘電体は光波長に相当する辺長を有する複数の長方形ロッドであって、隣接する当該長方形ロッドが相互に90度回転されて配置され、他方の誘電体は前記長方形ロッドの周囲に設けられることを特徴とするフォトニック結晶構造。

【請求項2】 周期面に垂直な方向に電場成分を持たない偏光及び磁場成分を持たない偏光に対して共通な周波数領域で光波の伝播を抑制する特性を有することを特徴とする請求項1記載のフォトニック結晶構造。

【請求項3】 周期面に垂直な方向に一樣な誘電率の異なる2種の誘電体で形成され、一方の誘電体は光波長に相当する軸長を有する複数の楕円形ロッドであって、隣接する当該楕円形ロッドが相互に90度回転されて配置され、他方の誘電体は前記楕円形ロッドの周囲に設けられることを特徴とするフォトニック結晶構造。

【請求項4】 周期面に垂直な方向に電場成分を持たない偏光及び磁場成分を持たない偏光に対して共通な周波数領域で光波の伝播を抑制する特性を有することを特徴とする請求項3記載のフォトニック結晶構造。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、特定の波長領域の光波の伝播を禁じるフォトニックバンドギャップを形成するフォトニック結晶構造に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来から、誘電率を波長単位で周期的に大きく変化させると、電磁波が固有のモードを持ってない周波数領域、即ちフォトニック・バンドギャップが形成され、フォトニック・バンドギャップに相当する光子エネルギーを持つ光の伝播が抑制されるフォトニック結晶構造が知られている。このようなフォトニック結晶構造に、人為的に誘電率を変化させた欠陥を導入すると、フォトニック・バンドギャップ中に許容準位が形成され、その準位に相当する光子エネルギーをもつ光のみの放射が可能となる。フォトニック結晶構造は、電磁波を制御するための最も有望な材料であり、単一波長発光ダイオードや無閾値レーザ、フィルター及び高密度光集積回路などの応用面での実用化が期待されるものである。

【0003】 このようなフォトニック結晶としては、2次元的には、図5に示すように、誘電率 $\epsilon_a$ をもつ円形ロッド11を、誘電率 $\epsilon_b$ と大きく異なる誘電率 $\epsilon_c$ をもつ周囲誘電体10に正方格子状に周期的に配置した周期面に垂直な方向（以下、Z軸方向と称す）に一樣な構造のもの、あるいは、図6に示すように、誘電率 $\epsilon_a$ をもつ正方形ロッド21を、誘電率 $\epsilon_b$ と大きく異なる誘電率 $\epsilon_c$ をもつ周囲誘電体20に正方格子状に周期的に配置されたZ軸に一樣な構造のもの等があった。

## 【0004】

2

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような2次元フォトニック結晶においては、図5のように、円形ロッド11を正方格子状に周期的に配置した場合、Z軸方向に磁場成分を持たない偏光、所謂TMモードでは、広いフォトニック・バンドギャップが存在するが、Z軸方向に電場成分を持たない偏光、所謂TEモードでは、フォトニック・バンドギャップは円形ロッド11と周囲誘電体10との誘電率比や充填率（誘電率の高い領域が占める割合。）等の条件により、フォトニック・バンドギャップは僅かに存在するに過ぎないものであった。

【0005】 一方、図6のように、正方形ロッド21を正方格子状に周期的に配置した場合は、円形ロッド11の場合とは逆に、TEモードでは、広いフォトニック・バンドギャップが存在するが、TMモードでは、誘電率比や充填率等の条件により、フォトニック・バンドギャップは狭いものであった。例えば、正方形ロッド21をエアーで構成し、周囲誘電体をエアーに対する誘電率比8.9のもので構成し、即ち $\epsilon_a = 1.0$ 、 $\epsilon_b = 8.9$ とし、充填率を30%、正方格子の格子定数を $a$ としたときのTE、TM両偏光の計算された光波の状態密度は、図7に示すように、TEモードとTMモードにおいて光の状態密度が殆どの周波数領域で拮抗しており、フォトニック・バンドギャップが一致する周波数領域は認められなかった。

【0006】 これは、4つの隣接する円形ロッド11に囲まれた周囲誘電体10の誘電体スポット12がある程度の大きさで周期的に配置された構造においては、TM偏光に対してフォトニック・バンドギャップのできる可能性が高く、4つの隣接する正方形ロッド21の間に囲まれた周囲誘電体20の狭い誘電体ベイン22が周期的に配置された構造においては、TE偏光に対してフォトニック・バンドギャップのできる可能性が高いためであると考えられる。このことは、電磁波伝播の理論計算からも明らかにされていたが、TE、TM両偏光において共通の周波数領域で幅広いフォトニック・バンドギャップを有するフォトニック結晶構造は存在しなかった。

【0007】 本発明は上記欠点を解消するためになされたものであって、本発明の目的は、TE、TM両偏光に対して共通の周波数領域で幅広いフォトニック・バンドギャップを持つ正方格子状の2次元フォトニック結晶構造を提供するものである。

## 【0008】

【発明を解決するための手段】 本発明のフォトニック結晶構造は上記目的を達成するため、Z軸方向に一樣な誘電率の異なる2種の誘電体で形成され、一方の誘電体は光波長に相当する辺長を有する複数の長方形ロッドであって、隣接する当該長方形ロッドが相互に90度回転されて配置され、他方の誘電体は長方形ロッドの周囲に設けられ、好ましくは、Z軸方向に電場成分を持たない偏

(3)

3

光及び磁場成分を持たない偏光に対して共通な周波数領域で光波の伝播を抑制する特性を有するものである。

【0009】また、本発明のフォトニック結晶構造は、Z軸方向に一樣な誘電率の異なる2種の誘電体で形成され、一方の誘電体は光波長に相当する軸長を有する複数の楕円形ロッドであって、隣接する当該楕円形ロッドが相互に90度回転されて配置され、他方の誘電体は楕円形ロッドの周囲に設けられ、好ましくは、Z軸方向に電場成分を持たない偏光及び磁場成分を持たない偏光に対して共通な周波数領域で光波の伝播を抑制する特性を有するものである。

【0010】本願発明のフォトニック結晶構造は、光波長に相当する辺長を有する複数の長方形ロッドを交互に90度回転させて配置し、これらと誘電率が大きく異なりこれらの周囲に設けられる周囲誘電体とで構成したため、周囲誘電体は、長辺が短辺より長い部分によって形成される大きい面積の部分（スポット）と、短辺と長辺が隣接する部分で形成される狭い面積の部分（ベイン）が交互に連続した形状となる。このため、Z軸方向に電場成分を持たない偏光及び磁場成分を持たない偏光に対して共通な周波数領域で光波の伝播を抑制することができる。

【0011】また、同様に光波長に相当する軸長を有する楕円形ロッドを交互に90度回転させて配置し、これらと誘電率が大きく異なりこれらの周囲に設けられる周囲誘電体とで構成したため、周囲誘電体は、長軸が短軸より長い部分によって形成される大きい面積の部分（スポット）と、楕円の頂部（長軸方向の先端部分）と楕円の腹部（短軸方向の先端部分）によって形成される狭い面積の部分（ベイン）が交互に連続した形状となる。このため、Z軸方向に電場成分を持たない偏光及び磁場成分を持たない偏光に対して共通な周波数領域で光波の伝播を抑制することができる。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】本発明のフォトニック結晶構造を適用した好ましい実施形態について図面を参照して説明する。本発明のフォトニック結晶構造は、図1に示すように、誘電率 $\epsilon_a$ を有する複数の長方形ロッド2と、長方形ロッド2の周囲に設けられ誘電率 $\epsilon_b$ を有する周囲誘電体1で構成される。

【0013】長方形ロッド2は隣接する4つの長方形ロッド2と相互に90度回転されて配置される。即ち、長方形ロッド2を90度回転させたものを1つおきに配置したものである。長方形ロッド2の長辺、短辺は光波長と近似した長さを有し、且つ、長方形ロッド2は従来の正方形ロッド12の断面積とほぼ同一の断面積を有する。

【0014】周囲誘電体1は、このような長方形ロッド2の周囲に設けられるため、図1に示すように、長方形ロッド2の長辺が短辺より長い部分によって形成される

4

誘電体スポット3と、短辺と長辺によって挟まれた狭い部分の誘電体ベイン4が交互に連続的につながったハイブリッド構造を有する形状となっている。このようなフォトニック結晶構造の長方形ロッド2の長辺と短辺との長さは所定の割合、長辺に対する短辺の比が0.5を中心とした割合であることが好ましい。

【0015】また、他のフォトニック結晶構造として、図2に示すように、誘電率 $\epsilon_a$ を有する複数の楕円形ロッド6と、楕円形ロッド6の周囲に設けられ誘電率 $\epsilon_b$ を有する周囲誘電体5で構成される。楕円形ロッド6は隣接する4つの楕円形ロッド6と相互に90度回転されて配置される。即ち、楕円形ロッド6を90度回転させたものを1つおきに配置したものである。楕円形ロッド6の長軸、短軸は光波長と近似した長さを有し、且つ、楕円形ロッド6は従来の円形ロッド11の断面積とほぼ同一の断面積を有する。

【0016】周囲誘電体5は、このような楕円形ロッド6の周囲に設けられるため、図2に示すように、楕円形ロッド6の長軸が短軸より長い部分によって形成される誘電体スポット7と、楕円の頂部と復部によって挟まれた狭い部分の誘電体ベイン8が交互に連続的につながったハイブリッド構造を有する形状となっている。また、楕円形ロッド6においても、長軸に対する短軸の比は同様に0.5を中心としたものであることが好ましい。

【0017】このようなハイブリッド構造を有するフォトニック結晶構造を製造するには、半導体成膜方法を用いることができる。 $Al_2O_3$ 、Si、 $SiO_2$ 等の基板にCr等のマスクをして長方形あるいは楕円形のパターンを転写し、エッチングにより基板にエアーパターンを形成することにより製造することができる。また、長方形ロッド等も空乏（エアー）とせず所望の材質のものとすることもできる。

【0018】このようなハイブリッド構造を有するフォトニック結晶構造においては、TE偏光に対するフォトニック・バンドギャップと、TM偏光に対するフォトニック・バンドギャップを共通する周波数領域において有するものである。長方形ロッド2または楕円形ロッド6と周囲誘電体1、5との誘電率比や充填率などの条件により、TE偏光とTM偏光に共通する周波数領域で完全なバンドギャップを生成することができる。

【0019】本発明の実施例として、長方形ロッド2の短辺と長辺との比を0.5とし、長方形エアーロッド2の誘電率 $\epsilon_a = 1.0$ 、周囲誘電体 $Al_2O_3$ の誘電率 $\epsilon_b = 8.9$ 、周囲誘電体が占める割合、即ち充填率を30%、格子定数 $a$ としたときのTE偏光とTM偏光に対する光波の状態密度を理論計算した結果は、図3に示すものとなった。図3から明らかなように、規格化周波数0.32~0.34付近に光波の状態密度がゼロ、即ち両モードに共通のフォトニック・バンドギャップが生成されていることがわかる。

(4)

5

【0020】また、長方形エアロッド2の格子定数 $a$ を $0.5\mu\text{m}$ として、長方形エアロッド2の断面積を一定として、短辺と長辺の比を変化させたときのバンドギャップ幅の変化は、図4に示すとおりである。図4からも明らかなように、長方形エアロッド2の断面積が一定のとき、長辺に対する短辺の比が0.5に対して、TE偏光とTM偏光に共通な周波数領域のバンドギャップの幅が最大であることがわかる。

【0021】以上の説明は本願発明の一実施例についてであり、本願発明はこれに限定されず、種々の誘電率を有する公知の材質のものを好適に適用することができる。また、2次元構造に限らず、この2次元構造を所定の厚さのものとすることもできる。

【0022】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明のフォトニック結晶構造によれば、長方形ロッドあるいは楕円形ロッドを交互に90度回転させた配置とし、これらと誘電率が大きく異なる誘電率を有する周囲誘電体で構成したため、TE偏光、TM偏光に対して共通す

6

る周波数領域において幅広いフォトニック・バンドギャップを得ることができる。このため、半導体レーザ、フィルター等に好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のフォトニック結晶構造の一実施形態を示す説明図。

【図2】本発明の他の実施形態を示す説明図。

【図3】本発明のフォトニック結晶構造の特性の説明図。

【図4】本発明のフォトニック結晶構造の特性の説明図。

【図5】従来例の説明図。

【図6】従来例の説明図。

【図7】従来例の特性の説明図。

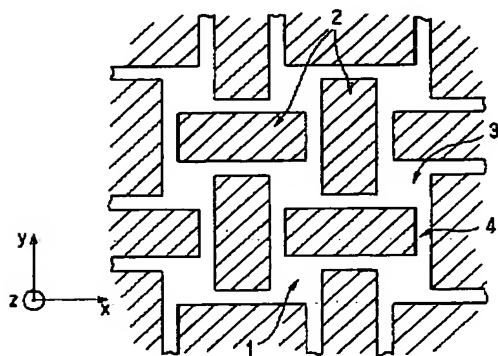
【符号の説明】

1、5……周囲誘電体

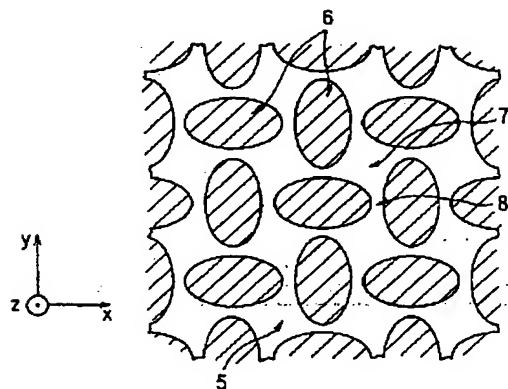
2……長方形ロッド

6……楕円形ロッド

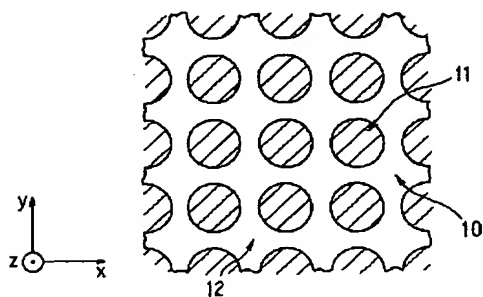
【図1】



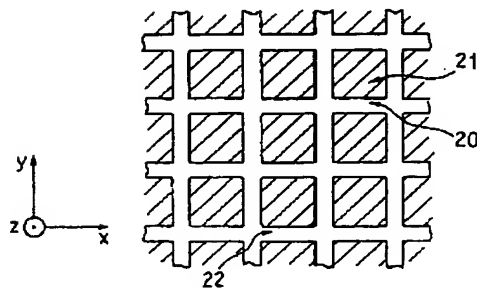
【図2】



【図5】

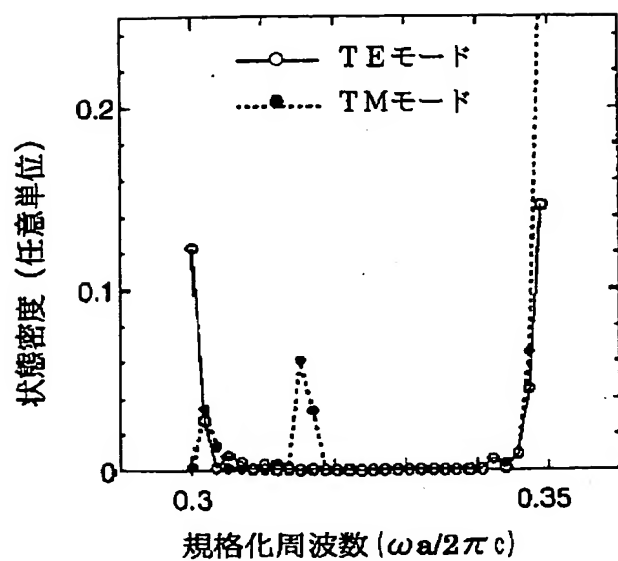


【図6】

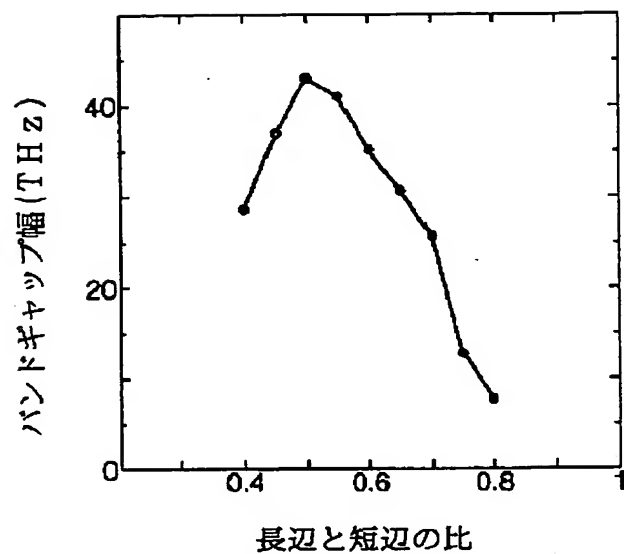


(5)

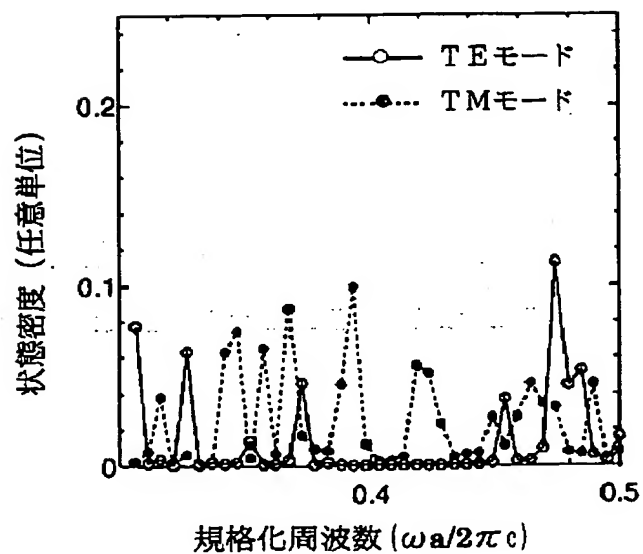
【図3】



【図4】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H047 PA21 PA24 QA01 RA00 TA00  
 2H048 AA07 AA09 AA11 GA03 GA11  
 GA51 GA60

BEST AVAILABLE COPY